

Dr hab. inż. Robert Rusinek, prof. IA PAN
Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie,
ul. Doświadczalna 4,
20-290 Lublin

Lublin, 14.03.2019 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Arkadiusza Jerzego Matysiaka pt. „Wpływ parametrów procesu ekstruzji na jakość produktów”

Według prognoz Organizacji Narodów Zjednoczonych, w 2023 roku populacja ludności na świecie osiągnie poziom 8 mld. Wyżywienie tak ogromnej liczby ludności będzie dużym wyzwaniem dla rolnictwa i przemysłu przetwórczego. Dlatego ważnym aspektem działalności człowieka powinien być rozwój badań naukowych i prac wdrożeniowych nad doskonaleniem istniejących i opracowaniem nowych technologii wytwarzania funkcjonalnej i taniej żywności, która będzie spełniać trendy żywieniowe i preferencje konsumentów. Jedną z technologii, która posiada potencjał w tym zakresie jest ekstruzja. Daje ona możliwość otrzymania produktu z różnych surowców biologicznych, mieszanek, dodatków, w tym funkcjonalnych. Zapewnia wysoką efektywność, niską energochłonność i krótki czas produkcji. Pozwala zachować wysokie parametry higieniczno-sanitarne. Stwarza możliwość sterowania procesem produkcji, co umożliwia uzyskanie produktu o zdefiniowanych cechach. Stąd uzasadnione wydaje się podjęcie badań mających na celu dobór parametrów wytwarzania nowych rodzajów pelletów wielozbożowych i ziemniaczanych, które posiadają niewątpliwe zalety i cechy użytkowe jak: różnorodność kształtów i wymiarów, trwałość, długi okres przechowywania, możliwość stosowania prozdrowotnych dodatków.

Realizacja pracy doktorskiej w obszarze tak ważnych zagadnień stawia Doktoranta przed trudnym wyborem zakresu badań i sformułowania pytań i hipotez badawczych. Mgr inż. Arkadiusz Matysiak w pracy doktorskiej zatytułowanej: „Wpływ parametrów procesu ekstruzji na jakość produktów” formułuje następujące pytania robocze:

- 1) „Czy i w jakich warunkach obróbki ciśnieniowo-termicznej na jednoślismakowym ekstruderze laboratoryjnym S45-12 ICHEMAD PROFARB można wyprodukować nowe rodzaje wielozbożowych i ziemniaczanych pelletów przekąskowych o pożądanym cechach jakościowych?”



- 2) „Jaki wpływ na przebieg procesu ekstruzji i jakość wyrobu finalnego mają zastosowane receptury, poziom nawilżenia mieszanek surowcowych oraz parametry procesu wytwarzania (obroty ślimaka, kształt matrycy formującej)?”
- 3) „Jakie są wzajemne zależności pomiędzy warunkami prowadzenia procesu ekstruzji a właściwościami pelletów i smażonych przekąsek?”

W konsekwencji, tak postawione pytania wymagają od Autora podjęcia wielowątkowych prac badawczych wymagających różnorodnych zdolności i umiejętności z zakresu inżynierii żywności, ale także fizyki, chemii w celu uzyskania odpowiedzi.

W trakcie badań Doktorant obserwował i analizował przebieg procesu ekstruzji pelletów w zróżnicowanych warunkach obróbki obejmujących różne temperatury, poziomy nawilżenia mieszanek surowcowych, kształty matryc formujących, obroty ślimaka ekstrudera.

Wynikający z tego zakres badań obejmował następujące działania:

- określenie stabilności, wydajności i energochłonności procesu ekstruzji pelletów wielozbożowych i ziemniaczanych;
- określenie wilgotności i gęstości usypnej ekstrudatów;
- określenie wybranych właściwości fizycznych wysmażonych ekstrudatów (wskaźnik ekspandowania, - gęstość, wskaźnik absorpcji wody i rozpuszczalności, twardość oraz ocena sensoryczna);
- badania mechaniczno-akustyczne oraz mikrostruktury wybranych wyrobów pod kątem wymagań producenckich i rynkowych;
- analiza statystyczna w celu skorelowania warunków wytwarzania względem cech jakościowych pelletów i smażonych przekąsek;
- zbadanie zawartości polifenoli i aktywności antyoksydacyjnej.

Z przedstawionej krótkiej analizy można stwierdzić, że badania mgr inż. Arkadiusza Matysiaka zawarte w rozprawie doktorskiej są ważne nie tylko z punktu widzenia rozwiązania nowego problemu badawczego, ale są istotnym gospodarczym zagadnieniem, nadającym pracy wymiar użyteczny i aplikacyjny.



Uwagi ogólne

Rozprawa doktorska mgr inż. Arkadiusza Matysiaka posiada logiczny i poprawny układ charakteryzujący dysertację o wysokich walorach naukowych i aplikacyjnych. Składa się z 8 rozdziałów. Rozdział 1 i 2 to odpowiednio wstęp i cel pracy. Rozdział 3 poświęcony jest przeglądowi literatury (strony: 9÷38), i zawarte są w nim informacje dotyczące: żywności funkcjonalnej i jej perspektywom rynkowym, procesu ekstruzji, zawarta w nim jest charakterystyka i wybrane zagadnienia dotyczące linii do produkcji pelletów ziemniaczanych i zbożowych.

Autor w 4 rozdziale omawia stanowisko do badań procesu ekstruzji pelletów spożywczych i materiały badawcze, zaś w 5 rozdziale szczegółowo metodykę badań obejmującą: charakterystykę surowców, przebieg procesu, ocenę wybranych właściwości fizycznych pelletów, ocenę wybranych właściwości fizyko-chemicznych przekąsek ekstrudowanych oraz sposób i narzędzia do opracowania wyników. Autor omawia wyniki badań w rozdziale 6, aż na 80 stronach, wśród których znajduje się 39 tabel, 36 wykresów i rysunków oraz 4 fotografie. Konkluzje z badań Autor zawarł w 15 wnioskach na 4 stronach rozdziału 7. Przegląd literatury to 141 pozycji wśród, których znajdują się prace naukowe, normy oraz doniesienia statystyczne i opinie konsumenckie, więcej niż połowa z nich to pozycje nowe.

Ocena merytoryczna pracy

Autor postawił sobie za cel pracy dobór parametrów wytwarzania nowych rodzajów pelletów wielozbożowych i ziemniaczanych oraz ocenę właściwości ekstrudatów i otrzymanych z nich przekąsek. Do osiągnięcia tak założonego celu zaproponował sześć etapów badań, w ramach których prowadził liczne testy, eksperymenty i analizy. Pierwszy etap obejmował przygotowanie i zbadanie właściwości fizycznych surowców do produkcji pelletów, pomiar zadanych parametrów procesu ekstruzji. Drugim etapem było zbadanie właściwości fizycznych istotnych w procesach produkcji otrzymanych pelletów wieloziarnistych i ziemniaczanych, w tym gęstości, wilgotności. Kolejnym etapem był pomiar właściwości fizycznych i konsumenckich przekąsek uzyskanych w procesie smażenia. Następnie, Autor wytypował produkty najlepiej rokujące rynkowo i najlepiej oceniane przez konsumentów, na których wykonał badania mechaniczno-akustyczne oraz mikrostrukturalne. Przeprowadził analizę statystyczną, która miała na celu skorelowanie warunków wytwarzania z cechami jakościowymi i konsumenckimi pelletów



i przekąsek, w wyniku, której wybrał dwa produkty o najbardziej pożądanym cechach, dla których wyznaczył skład wybranych substancji organicznych.

Rozdział 3, przegląd literatury obejmuje swoim zakresem wszystkie ważne zagadnienie, które powinny być omówione we wprowadzeniu do badań. Oprócz procesu technologicznego i charakterystyki ekstrudera Autor zamieścił informacje na temat konserwacji linii do produkcji pelletów oraz omówił czynniki ryzyka przy obsłudze urządzenia, co wzbogaca merytorycznie oraz praktycznie informacje na temat procesu ekstruzji. Na podkreślenia zasługuje rodzaj i zakres literatury, na której Autor się opierał. Wśród publikacji naukowych znajdują się opracowania statystyczne, opinie konsumenckie oraz normy branżowe. Świadczy to o dogłębnej analizie podejmowanego w pracy zagadnienia.

W rozdziale „Miejsce i przedmiot badań” Autor przedstawia jednostki naukowe, w których prowadzone były badania oraz zakres czasowy. W tym miejscu należy wyeksponować informacje, że Autor swoje interdyscyplinarne badania prowadził aż w pięciu instytucjach, wśród których były: laboratoria firmy POL-FOODS Sp. z o. o., Uniwersytet Przyrodniczy i Uniwersytet Medyczny w Lublinie, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego oraz Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.

W tym samym rozdziale Autor omawia stanowisko do badania ekstruzji pelletów spożywczych oraz jego wyposażenie. Analizując zawarte tam informacje nasunęło mi się pytanie. Czym kierował się Autor przy doborze matryc? Czy były to względy tzw. atrakcyjności konsumenckiej? Czy też matryce stanowią krótki przekrój najpopularniejszych stosowanych w branży? Postawienie tego pytania jest o tyle ważne, że dobór matryc wpływa bezpośrednio na uzyskane wyniki, np. gęstości usypnej. Kolejnym pytaniem o wybór parametrów jest to dobór trzech poziomów wilgotności mieszanek surowcowych. Otóż, czy interwał między nimi tj. 2% nie lepiej byłoby zastąpić np. 5%, w celu klarowniejszego wykazania wpływu wilgotności na wyniki badań? Wybór prędkości obrotowych ślimaka wydaje się uzasadniony. Wątpliwości nie budzi także dobór materiału badawczego. Wydaje się trafną decyzją wybór mieszanki wielozbożowej o opisanym składzie, podobnie jak ziemniaczanej. Tym bardziej, że wybór ten w konsekwencji różnicuje proces ekstruzji ze względu na zakres temperatur: dla M1, 60°C do 145°C; dla M2, 45°C do 55°C, co poszerza obszar badań.

W rozdziale „Metodyka badań” wydaje się brakować informacji o sposobie realizacji dowilżania próbek. Czy wykorzystano rodzaj mieszadła laboratoryjnego? Jaki był czas



dowilżania? Pozostałe informacje na temat użytych metod są wyczerpująco opisane i nie budzą zastrzeżeń. Do analizy statystycznej Autor użył między innymi analizy głównych składowych (ang. PCA), która jest odpowiednio dobranym narzędziem do skorelowania wpływu parametrów ekstruzji na właściwości produktów. Ponieważ Autor analizował różne wyniki (np. gęstość i wilgotność snaka) których rząd wielkości nie był na jednakowym poziomie, rodzi się pytanie czy wykonano normalizację wyników poddawanych analizie?

Rozdział dotyczący analizy wyników badań, jest najobszerniejszym opracowaniem w doktoracie, stanowi ponad połowę objętości maszynopisu. Autor ujął w nim i przedyskutował wszystkie wyniki uzyskanych badań, opisał wpływ parametrów ekstruzji na właściwości pelletów oraz w konsekwencji snaków. Całość rozdziału została spięta statystyczną klamrą, w której Autor omówił korelację pomiędzy zmiennymi a czynnikami. Niewątpliwym wzbogaceniem odbioru wyników badań byłoby głębsze osadzenie ich w krajowej i międzynarodowej literaturze.

W poszczególnych podrozdziałach Autor używając analizy powierzchni odpowiedzi z dopasowaniem kwadratowym wypowiadał się na temat zależności pomiędzy uzyskanymi wynikami badań a zastosowanymi parametrami procesów ekstruzji. Przedstawiona analiza wykazała przede wszystkim wpływ składu mieszanek M1 i M2 na uzyskane wyniki badań. Należy podkreślić, że w aspekcie praktycznym jest to istotny wniosek, który niby może wydawać się być oczywistym, ale w niektórych procesach technologicznych często zaniebdywany, dlatego istnieje nieustająca potrzeba eksponowania go jako kluczowego. Oprócz oczywistego wpływu składu surowca Autor wykazał co jest warte podkreślenia, że na np. istotne różnice w końcowej wilgotności wyrobów ziemniaczanych ma wpływ kształt matrycy, co zwykłemu obserwatorowi może wydawać się nieoczywiste. A biorąc pod uwagę negatywny wpływ podwyższonej wilgotności na jakość produktów biologicznych podczas przechowywania jest to ważna informacja. Badania Autora potwierdzają powszechnie znaną opinię, że zwiększanie prędkości obrotowej ślimaka koreluje dodatnio z wydajnością procesu, a ujemnie z energochłonnością, podobnie jak zwiększanie wilgotności mieszanki surowcowej.

W przypadku pomiaru gęstości pelletów w stanie nasypowym Autor stwierdza na początku drugiego akapitu, że dla mieszanki wielozbożowej M1 najwyższą gęstość nasypową pelletów uzyskano dla matrycy o kształcie B – rurka kwadratowa, choć



z wykresów wynika jednoznacznie, że dla matrycy A – krążki (str. 80). Najprawdopodobniej Autor miał na myśli najniższą wartość, zresztą tak też zapisał w kolejnej części podrozdziału. Generalnie Autor zauważa, że na gęstość pelletów ma wpływ rodzaj mieszanki. W większości przypadków gęstość nasypowa pelletów była wyższa dla produktów wytworzonych z mieszanki ziemniaczanej. Podobne zależności Autor wykazał dla gęstości snaków po wyprażeniu, że istotny wpływ na gęstość ma rodzaj zastosowanej mieszanki surowcowej.

Najwięcej informacji zasługujących na uwagę Doktorant zawarł w części podsumowującej opis wyników, która opiera się na analizie głównych składowych. Analizując wykres projekcji zmiennych na płaszczyznę czynników PC1 i PC2 Autor słusznie zauważa, że zmienna WSI, wilgotność snaka oraz wilgotność mieszanki są najslabiej skorelowane z czynnikami oraz, że twardość snaka jest silnie skorelowana z WAI. Warto dodać, że z wykresu można odczytać jeszcze dwie ważne korelacje dodatnie tj. wskaźnik ekspandowania promieniowego (WEP) jest silnie skorelowany z chłonnością tłuszczu snaka, podobnie jak wydajność z obrotami ślimaka. Można się również pokusić o stwierdzenie, że gęstość snaka w pewnym stopniu jest skorelowana ujemnie z twardością snaka i WAI.

Podobne wnioski Autor zawarł opisując wyniki badań właściwości mechaniczno-akustycznych wybranych przekąsek ekstrudowanych. Na stronie 123 Autor opisuje korelacje, pisząc, że PC1 jest najsilniej skorelowany z średnią energią, amplitudą, czasem trwania impulsu oraz liczbą zdarzeń, i tu pojawia się wątpliwość czy Autor nie popełnił oczywistej pisemnej omyłki pisząc liczba zdarzeń zamiast liczba pików siły? Natomiast z wykresu 38 projekcji zmiennych na płaszczyznę czynników PC1 i PC2 można jeszcze uzyskać informacje o pewnej dodatniej korelacji liczby pików siły i porowatości.

Wszystkie te uwagi i pytania podaję jako wskazówki do wykorzystania w przyszłych badaniach. Mam również nadzieję, że mogą być pomocne przy doskonaleniu warsztatu badawczego. Natomiast w żadnym wypadku uwagi te nie pomniejszają mojej bardzo dobrej oceny rozprawy, której wartość jest osadzona przede wszystkim w ważnym w świetle rozwoju cywilizacyjnego temacie badań jakim jest żywność funkcjonalna. Reasumując, należy podkreślić, że uzyskane przez mgr inż. Arkadiusza Matysiaka wyniki stanowią olbrzymią



bazę danych, i wytyczne istotne w planowaniu i projektowaniu procesu ekstruzji. Posiadają zarówno wartość naukową jak i użyteczną.

Zaletami pracy jest również szeroko zakrojony zakres badań laboratoryjnych, analiz statystycznych przeprowadzonych w kilku jednostkach naukowych w kraju.

Uwagi redakcyjne

Praca przygotowana jest starannie, i w zasadzie trudno jest znaleźć w niej uchybienia i niedoskonałości o charakterze redakcyjnym i mimo zawartych w niej licznych zagadnień, czy też zastosowanych zróżnicowanych metod badawczych i analiz statystycznych pozwalających na bogatą interpretację wyników uzyskanych w poszczególnych rozdziałach, Autor nie popełnił błędów i niedociągnięć o charakterze edycyjnym, stąd proponuję przygotowanie wyników pracy do opublikowania w czasopiśmie naukowym i popularno-naukowym, tak aby wyniki zostały wykorzystane nie tylko przez środowisko naukowe, ale również przez jak najszersze grono producentów żywności.

Jedynie drobne omyłki lub braki to:

- strona 14, w nawiasie pomiędzy cytatami literatury [9 i 29] znajduje się kropka, zamiast przecinka;
- strona 23, (rys. 5) powinien być ze spacją nierozłączną;
- Słownik Języka Polskiego zaleca pisanie skrótu od wyżej wymieniony jako ww. nie zaś jako w/w (strony: 26, 98, 114);
- strona 92, ostatni wiersz, po 10% jest spacja przed znakiem przecinka;
- strona 100 brak spacji po 0,7 mm.

Oczywiście, żadne z tych omyłek nie ujemnie staranności i rzetelności pracy.



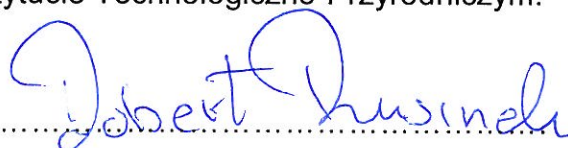
Wniosek Końcowy

Nim odniosę się do meritum Rozprawy Doktorskiej mgr inż. Arkadiusza Matysiaka należy wspomnieć, że posiada On dorobek publikacyjny w czasopismach z Listy A i B Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w postaci publikacji i rozdziałów w monografii oraz publikacje w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej uwzględnionej w Web of Science.

Istotnym elementem pracy o najwyższej wartości są badania nad opracowaniem optymalnych parametrów procesu ekstruzji nowego typu mieszanek surowcowych, które umożliwiają uzyskanie wysokiej jakości przekąsek zbożowych i ziemniaczanych o zdefiniowanych cechach użytkowych. Podsumowując, można jednoznacznie stwierdzić, że w oparciu o dobraną metodykę badań, zastosowane metody i doświadczenia, a także uzyskane wyniki i wnioski końcowe, założone przez mgr inż. Arkadiusza Matysiaka cele zostały osiągnięte, a strona merytoryczna pracy jest poprawna i starannie opatrzona bogatą analizą statystyczną. Tytuł rozprawy „**Wpływ parametrów procesu ekstruzji na jakość produktów**” odpowiada jasno postawionemu celowi pracy, który stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną doktoranta w zakresie inżynierii rolniczej.

Uważam, że zgodnie z ustawą* rozprawa doktorska przygotowana pod opieką promotora i promotora pomocniczego stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazuje ogólną wiedzę kandydata w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie inżynieria rolnicza i odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim, w związku z tym przedkładam wniosek do Wysokiej Komisji, Rady Naukowej Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach o dopuszczenie mgr inż. Arkadiusza Matysiaka do dalszego toku przewodu doktorskiego oraz przedstawiam wniosek do Rady Naukowej o wyróżnienie pracy zgodnie z obowiązującymi przepisami w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym.

Recenzję sporządził:



* Na podstawie art. 31 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595) oraz Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 15 stycznia 2004 r. (Dz. U. Nr 15, poz. 128), a także Ustawy z dnia 18 marca 2011 roku, z późniejszymi zmianami oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. (Dz. U. poz. 261).